



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 196 17 402 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 23 P 13/00**  
B 23 K 26/00  
C 21 D 1/09  
F 02 B 75/32

②1 Aktenzeichen: 196 17 402.3  
②2 Anmeldetag: 30. 4. 96  
④3 Offenlegungstag: 26. 6. 97

DE 196 17 402 A 1

③0 Innere Priorität: ③2 ③3 ③1  
19.12.95 DE 195473892

⑦1 Anmelder:  
Bayerische Motoren Werke AG, 80809 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Luchner, Clemens, 85598 Baldham, DE; Pöllath,  
Helmut, 82223 Eichenau, DE; Hochsteiner, Helmut,  
Haiderhofen, AT

⑤4 Verfahren zur Ausbildung einer Anrißstelle zum Bruchtrennen eines Bauteils, insbesondere Pleuel für Brennkraftmaschinen

⑤7 Für ein Verfahren zur Ausbildung einer Anrißstelle zum Bruchtrennen eines Bauteils, insbesondere Pleuel für Brennkraftmaschinen, bei dem in einer Bruchtrennebene zur gezielten Bruchauslösung eine Anrißstelle entlang einer Seite der Bruchtrennebene durch von der Bauteiloberfläche aus angeordnete Vertiefungen mit Stegen ausgebildet wird, wird zur gezielten Ausbildung von Starterrissen vorgeschlagen, daß bei einem Bauteil aus duktilem Metall zumindest die Stege zur Erzeugung erster Starterrisse zur Bruchauslösung zumindest abschnittsweise versprödet bzw. durchgehärtet werden.

DE 196 17 402 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 04. 97 702 026/621

9/25

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren der im Oberbegriff des Patentanspruches 1 beschriebenen Art.

Aus der US 5 208 979 ist ein Verfahren zur Ausbildung von Bruchtrennkerben in der Bruchtrennebene eines durch Bruchtrennen teilbaren Bauteils bekannt. Zur Erzielung von im jeweiligen Grunde im wesentlichen messerscharfen Bruchtrennkerben werden diese mit einem Laser an entsprechender Stelle im/am Bauteil von dessen Oberfläche aus mit einem V-förmigen Querschnitt ausgebildet, wobei das Tiefenmaß der Bruchtrennkerbe gegenüber ihrer Breite an der Bauteiloberfläche größer gewählt ist.

Für die Qualität der Bruchtrennflächen von erheblicher Bedeutung sind bekanntlich die zu Beginn eines Bruchtrennvorganges im Grunde einer Bruchtrennkerbe sich zunächst bildenden, haarfeinen Starterrisse, die aufgrund des inhomogenen Bauteil-Gefüges über der Länge der Bruchtrennkerbe nicht gezielt ausgelöst werden können.

Dieser Nachteil soll gemäß der DE-U 295 19 126 für ein insbesondere als Pleuel gestaltetes Werkstück mit einer Ausnehmung mit diametral angeordneten Anrißstellen dadurch überwunden sein, daß anstelle jeder mittels Laser erzeugten, durchgehend geradlinigen V-Kerbe gemäß der US 5 208 979 eine Vielzahl von linienförmig nebeneinander angeordneten Vertiefungen als Kerbabschnitte dienen. Der zum Bohren der als fingerförmige oder als zylindrische Sacklöcher gestalteten Kerbabschnitte verwendete Laser ist dabei in seiner Leistung so weit reduziert, daß die mit dem Wärmeeintrag verbundene Gefügeumwandlung (Martensit) in den Begrenzungen der Kerbabschnitte äußerst geringfügig ist. Es ist hierbei erklärtes Ziel, in den zwischen den Kerbabschnitten verbliebenen Stegen eine durchgehende Gefügeumwandlung auf alle Fälle zu vermeiden, um diese Anrißstellen nach einer Bruchtrennung noch spannabhebend beseitigen zu können.

Ferner ist es bekannt, in einem naturharten Werkstück mittels Laser eine Reihe von nebeneinander angeordneten Sacklochbohrungen zwecks eines kontrollierten Bruches zu erzeugen, wie dies in der amerikanischen Zeitschrift "Mechanical Engineering" der April-Ausgabe von 1990 in dem Artikel "Detroit looks to lasers" auf Seite 41 in der linken Spalte beschrieben ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem mittels Bruchtrennen teilbaren Bauteil aus duktilem Metall die in einer Bruchtrennebene zur gezielten Bruchauslösung vorgesehenen Anrißstellen derart auszubilden, daß über die Länge der jeweiligen Anrißstelle gezielt verteilte Starterrisse erreicht sind.

Diese Aufgabe ist mit dem Patenanspruch 1 gelöst, und zwar dadurch, daß bei einem Bauteil aus duktilem Metall die Stege zumindest in ihren freien, bauteiloberflächennahen Endabschnitten mittels Gefügeumwandlungen über ihren Querschnitt durchgängig versprödet werden zur Erzeugung erster Starterrisse zur Bruchauslösung.

Mit der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren gestalteten Anrißstelle ergibt sich gegenüber einer herkömmlich durchgehenden Kerbtrennlinie oder gegenüber in Reihe angeordneter, werkstoffweicher Kerbabschnitte in vorteilhafter Weise eine Anzahl von querschnittsschwachen versprödeten Stegen als kurze Linienabschnitte, deren Länge in Summe gegenüber der durchgehenden Kerbtrennlinie oder einer Vielzahl von Kerbabschnitten wesentlich kürzer ist, wobei die auf

geringe Querschnitte verteilte Bruchtrennkraft in den durch Versprödung rißanfälligen Stegen gezielt über die Anrißstelle verteilte Starterrisse auslöst. Mit der Wahl der Stegquerschnitte in Verbindung mit dem jeweiligen Versprödungs-Verfahren kann die gleichzeitige Auslösung von Starterrissen über die gesamte erfindungsgemäße Anrißstelle in vorteilhafter Weise erzielt und damit ein einziger, punktueller Starterriß vermieden werden. Starterrisse per se sind in sintergeschmiedeten Bauteilen im übrigen aus der DE-G 38 06 236 bekannt.

In Ausgestaltung der Erfindung ist diese noch dadurch gesteigert, daß die Vertiefungen im jeweiligen Grund zwischen den Stegen zumindest im Bereich der Bruchtrennebene zusätzlich versprödet sind.

Damit ergibt sich der Vorteil, daß die im jeweils schwächsten Querschnitt der Stege sich ausbildenden Starterrisse in ihrem Fortgang durch den Steg bei Erreichen des jeweiligen Grundes zwischen den Vertiefungen sich zu einer durchgehenden Bruchfront vereinigen.

Ohne aufwendige Maßnahmen ist die erfindungsgemäße Anrißstelle bei einem Bauteil aus einem Eisenwerkstoff mit einem Kohlenstoffgehalt  $C \approx 0,55$  bis  $0,85\%$  zu verwirklichen, da die Versprödung von Stegen und/oder Vertiefungen mittels temperaturabhängiger Gefügeumwandlungen erzielbar ist. Besonders vorteilhaft ist hierbei als Gefügeumwandlung eine Härtung mit Eigenabschreckung.

Diese Maßnahme ist besonders vorteilhaft dadurch umgesetzt, daß bei dem erfindungsgemäßen Verfahren auf der bekannten Basis der mittels Aufschmelzen des Bauteil-Werkstoffes durch Strahlungsenergie erzeugten Vertiefungen die Strahlungsenergie mittels eines Lasers derart eingebracht und das erschmolzene Material mittels eines Luft- oder Sauerstoffstrahles ausgeblasen und/oder verbrannt wird, daß zumindest in den freien, bauteiloberflächennahen Endabschnitten der Stege unter einem spitzen Winkel sich überlappende (versprödete) Zonen von Gefügeumwandlungen zur Auslösung erster Starterrisse erzeugt werden. Zur Vermeidung von Nacharbeit im Bereich der Anrißstelle sind die Stege zwischen benachbarten Vertiefungen gegenüber der Bauteiloberfläche tiefer bzw. vertieft angeordnet, wozu vorzugsweise der Luft- oder Sauerstoffstrahl zusätzlich dient.

Die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren in den Stegen erzeugten überlappenden, versprödeten Zonen sind in besonders vorteilhaft einfacher Weise dadurch erzielt, daß die Vertiefungen trichterförmig ausgebildet werden mittels einer Lasereinrichtung mit einer über den Querschnitt des gepulsten Laserstrahls nach Gauß'scher Verteilungskurve verteilter Strahlenergie.

Durch diesen geschickten Einsatz des Lasers zur Ausbildung der Vertiefungen wird erreicht, daß die durch Eigenabschreckung allseitig in den Vertiefungen gebildeten, in der Regel glasharten Härteschichten die Stege zumindest in den kleinsten Querschnitten durchsetzen. Erreicht ist damit ferner eine bis auf den Grund der Anrißstelle reichende, rißempfindliche Ausbildung, die je nach Härtevorgang bereits Härterisse als Starterrisse aufweisen kann.

Die vorzugsweise mit einem gepulsten Laser gebildeten Vertiefungen weisen bei jeweils beliebigem Querschnitt in Richtung ihrer Anordnung nebeneinander an der Bauteiloberfläche eine Breite bis ca.  $0,4$  mm und eine Tiefe zwischen ca.  $0,4$  bis  $0,9$  mm auf. Der Vorteil dieser relativ schmalen Anrißstellen ist, daß diese z. B. nach der abschließenden Feinstbearbeitung einer Lagerbohrung bei zusätzlicher Verwendung von Lager-

schalen oder Wälzlager im Bauteil verbleiben können. Unterstützend hierfür ist nach einem weiteren Merkmal des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, daß die aus der Verschneidung benachbarter, trichterförmiger Vertiefungen erzeugten, versprödeten Steg-Spitzen gegenüber der Bauteiloberfläche in ihrem jeweiligen vertieften Abstand belassen werden.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird in weiterer Ausgestaltung eine Vorrichtung von vorteilhaft einfachem Aufbau vorgeschlagen, bei der Lasereinrichtungen mit sich durchdringend kreuzenden Laserstrahlen zur gleichzeitigen Ausbildung diametral in einer Ausnehmung eines Bauteils angeordneter Anrißstellen verwendet sind, wobei zur Schonung der Laseroptik das in einer Aufnahme positionierte Bauteil relativ zu den Lasereinrichtungen die Vorschubbewegung zur Ausbildung der nebeneinander beabstandeten angeordneten Vertiefungen ausführt.

Im Rahmen der Erfindung können auch auf eine andere Art gefertigte Stege und Vertiefungen durch einen Elektronenstrahl für eine gesteigerte Reißempfindlichkeit gehärtet werden, wie dies per se aus der US 3 818 577 bekannt ist.

Weiter bietet sich auch eine Versprödung der mittels thermischer Verfahren oder mittels mechanischer Bearbeitung und/oder mittels Gießen erzeugter Stege und/oder Vertiefungen mittels Einlagerungen in das jeweilige Bauteil-Gefüge aus einem Gasstrom an, wie dies insbesondere durch die beispielsweise in der US 4 970 783 beschriebene Wasserstoff-Versprödung bekannt ist.

Bei einer Ausgestaltung eines Bauteils mit in einer Lagerbohrung diametral angeordneten Anrißstellen findet das erfindungsgemäße Verfahren bevorzugt Anwendung dadurch, daß die Anrißstellen vor der abschließenden Feinstbearbeitung der jeweiligen Lagerbohrung in einem als Pleuel oder Maschinenlager gestalteten Bauteil angeordnet sind, und daß der jeweilige Lagerdeckel zwischen Schraubenpfeifen derart biegeelastisch gestaltet ist, daß mit einem um 0,05 bis 0,15 mm im Durchmesser gegenüber der vorbearbeiteten Lagerbohrung kleiner gewählten Brechdom eine der Erzeugung von Starterissen in den Stegen und/oder Vertiefungen dienende, elastische Verformung bewirkt ist. Der Vorteil dieser Maßnahme ist eine zu Beginn der Bruchbelastung hohe Zugspannung in den versprödeten Stegen zum Auslösen der für die Bruchflächenqualität bedeutsamen Starterisse.

Die Erfindung ist anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels beschrieben. Es zeigt

Fig. 1 in perspektivischer Ansicht eine Anrißstelle im großen Lagerauge eines Pleuels für eine Hubkolbenmaschine,

Fig. 2 eine ausschnittsweise vergrößerte Schrägaufsicht der Anrißstelle,

Fig. 3 die Anrißstelle ausschnittsweise im Längsschnitt, vergrößert und in

Fig. 4 eine Bearbeitungsvorrichtung für ein Pleuel mit einer fest angeordneten Lasereinrichtung, wobei die Anrißstellen im Pleuel vergrößert im Längsschnitt dargestellt sind.

Ein abschnittsweise dargestelltes Pleuel 1 für eine nicht gezeigte Hubkolbenmaschine ist aus einem Stahl gefertigt dessen Kohlenstoffgehalt zwischen  $C \approx 0,55$  bis  $0,85\%$  gewählt ist. Das Pleuel 1 umfaßt an seinem Schaft 2 ein großes Lagerauge 3 mit Schraubenpfeifen 4. Das Lagerauge 3 ist durch einen Lagerdeckel 5 zweigeteilt.

Die Zweiteilung des Lagerauges 3 erfolgt mittels

Bruchtrennen, wofür in einer Bruchtrennebene 6 zur gezielten Bruchauslösung in der Lagerbohrung 7 diametral angeordnete Anrißstellen 8 (nur eine gezeigt) nach dem erfindungsgemäßen Verfahren ausgebildet werden.

Vorbekannter Ausgangspunkt der Ausbildung jeder Anriß-Stelle 8 zur gezielten Bruchauslösung ist, daß diese entlang einer Seite der Bruchtrennebene 6 durch von der Bauteiloberfläche 9 aus angeordnete und durch Stege 10 voneinander getrennte Vertiefungen 11 erzeugt ist. Zur Erzeugung erster, für eine qualitative Bruchtrennung bedeutsamer Starterisse werden die Stege 10 nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zumindest in ihrem freien, bauteiloberflächennahen Endabschnitt mittels Gefügewandlungen (Martensit) über ihren Querschnitt durchgängig versprödet. Diese Versprödung kann durch ein bekanntes Härten oder durch eine Wasserstoff- oder Stickstoff-Versprödung erzielt sein.

Bevorzugt beim zumindest bereichsweisen Härten der Stege 10 und/oder der Vertiefungen 11 sind solche Verfahren mit Eigenabschreckung durch Wärmeabfuhr in das umgebende Bauteil. Denkbar hierfür ist bei mittels mechanischer Bearbeitung und/oder durch Gießen erzeugten Vertiefungen 11 mit zwischengeordneten Stegen 10 auch der Einsatz eines bekannten Elektronenstrahlverfahrens. Die erfindungsgemäß zumindest abschnittsweise durchgängig versprödeten Stege 10 sind besonders rißanfällig, was vorteilhafterweise zur Ausbildung haarfeiner Starterisse genutzt wird. Diese erfordern beim Bruchtrennen einen reduzierten Kraftaufwand und ergeben trotzdem eine hohe Bruchtrennflächen-Qualität.

Ausgehend von den bekannten Maßnahmen, nach denen die Vertiefungen 11 mittels Aufschmelzen/Verdampfen des Bauteil-Werkstoffes durch Strahlungsenergie erzeugt werden und die Begrenzungen der Vertiefungen 11 durch das Aufschmelzen erzeugte Gefügewandlungen 12 aufweisen, sind günstige Voraussetzungen für haarfeine Starterisse in einem Stahl-Pleuel 1 mit inhomogenen Gefüge gemäß dem weiteren erfindungsgemäßen Verfahren dadurch erreicht, daß die Strahlungsenergie mittels eines Lasers 14, 14' derart eingebracht und das erschmolzene Material mittels eines Luft- oder Sauerstoffstrahles ausgeblasen und/oder verbrannt wird, daß zumindest in den freien, bauteiloberflächennahen Endabschnitten der Stege 10 unter einem spitzen Winkel sich überlappende (versprödete) Zonen 15 von Gefügewandlungen 12 zur Auslösung erster Starterisse 13 erzeugt werden, wobei der Luft- oder Sauerstoffstrahl zusätzlich einer gegenüber der Bauteiloberfläche 9 vertieften Ausbildung der Stege 10 dient. Die im Anschluß an das Ausblasen des erschmolzenen Materials erfolgende Eigenabschreckung ergibt in den Vertiefungen 11 — Fig. 2 und 3 — allseitig gebildete Härteschichten 12, die die Stege 10 zumindest in den kleinsten Querschnitten im Bereich ihrer Spitzen 16 durchsetzen und somit zumindest diese Querschnitte durchgängig versprödet sind.

Sich überlappende Zonen 15 von Gefügewandlungen 12 sind besonders vorteilhaft einfach dadurch erreicht, daß die Vertiefungen 11 trichterförmig ausgebildet werden mittels einer Lasereinrichtung 14, 14' mit einer über den Querschnitt des gepulsten Laserstrahles 17, 17' nach Gauß'scher Verteilungskurve verteilter Strahlenergie.

Bevorzugt findet zur Ausbildung der trichterförmigen Vertiefungen 11 der Anrißstelle 8 ein gepulster Festkörper-Laser Verwendung, womit in Verbindung

mit kleinsten Abmessungen der Vertiefungen 11 von jeweils einer Breite  $B \approx 0,2$  mm und einer Tiefe  $T \approx 0,6$  mm ein derart kleiner, lokal begrenzter Wärmeeintrag in das Bauteil — Pleuel 1 — mit gesteuert erzeugten Härteschichten 12 erfolgt daß das Bauteil bzw. das Pleuel 1 bis auf ein Übermaß für die Feinstbearbeitung der Lagerbohrung 7 bereits fertiggestellt sein kann. Hierzu trägt auch ferner erfindungsgemäß bei, daß die aus der Verschneidung benachbarter, trichterförmiger Vertiefung 11 erzeugten, versprödeten Steg-Spitzen 16 gegenüber der Bauteil-Oberfläche 9 in ihren jeweiligen vertieften Abstand belassen werden. Mit den unterschiedlich nah an die Bauteiloberfläche 9 heranreichenden Steg-Spitzen 16 ergibt sich der weitere Vorteil, daß die besonders hohen Steg-Spitzen 16 aufgrund ihrer durchgängigen Versprödung besonders kerbempfindlich sind und somit bei einer Bruchbelastung als erste brechen und in der Folge die niedrigeren Steg-Spitzen 16 zur Ribildung veranlassen.

Aufgrund der vorbeschriebenen, in Umfangsrichtung der Lagerbohrung 7 geringen Breite von ca. 0,2 mm jeder Anrißstelle 8 können diese bei Einsatz eines Wälzlagers oder von Lagerschalen (jeweils nicht gezeigt) in der Lagerbohrung 7 verbleiben, womit eine spanabhebende Bearbeitung zur Beseitigung der jeweiligen Anrißstelle 8 vorteilhaft entfällt.

Es sei darauf hingewiesen, daß das Wesen der Erfindung nicht in einer hohen Anzahl von Vertiefungen 11 je Anrißstelle 8 zu sehen ist, sondern in einer je Anrißstelle 8 ausreichenden Anzahl gehärteter bzw. zumindest abschnittsweise versprödeten Stege 10 als Starterriß-Bildner. Die Anzahl der Stege 10 je Anrißstelle 8 bestimmt sich damit auch durch im Querschnitt länglich gestaltete Vertiefungen 11. Gegenüber einer herkömmlich durchgehenden Kerbtrennlinie (= US 5 208 979) oder einer Vielzahl von Kerbabschnitten (= DE-U 295 19 126) ergibt sich demgegenüber eine Anzahl kurzer, aus querschnittsschwachen, versprödeten Stegen gebildeter Linienabschnitte, deren Länge in Summe gegenüber der oben genannten Kerbtrennlinie bzw. den Kerbabschnitten wesentlich kürzer und bruchempfindlicher ist, so daß die eingeleitete Bruchtrennkraft sich auf viele durch Versprödung rißanfällige Stege verteilt mit dem Vorteil, der gezielten Auslösung vieler Starterrisse.

Aufgrund der bevorzugt lasergebildeten Vertiefungen 11 mit allseitigen Härteschichten 12 setzen sich die Starterrisse 13 bis in den Grund der jeweiligen Vertiefungen 11 fort, so daß zu Anfang des Bruchtrennens über die gesamte Länge der Anrißstelle 8 verteilt Starterrisse 13 auftreten, die beim Fortgang durch die Stege 10 bis in den jeweiligen Grund zwischen den Vertiefungen 11 sich zu einer gemeinsamen Rißfront im weiteren Fortgang des Bruchtrennens vereinigen. Mit den über die gesamte Länge der Anrißstelle 8 erzeugten, vielen Starterrissen 13 ist in vorteilhafter Weise ein vergleichmäßiges Bruchtrennen in jedem Bauteilquerschnitt mit hochwertigen Bruchtrennflächen erzielt.

Fig. 4 zeigt eine unmaßstäblich dargestellte Vorrichtung 18 zur Durchführung einer bevorzugten Art des erfindungsgemäßen Verfahrens, die zur gleichzeitigen Fertigung beider Anrißstellen 8 in dem Lagerauge 3 des Pleuels 1 zwei Lasereinrichtungen 14, 14' umfaßt mit sich kreuzenden, vorzugsweise durchdringend kreuzenden Laserstrahlen 17, 17'. Weiter ist die Vorrichtung 18 mit einer Aufnahme 19 zur Positionierung des Pleuels 1 ausgerüstet. Zur Schonung der empfindlichen Laserop-  
tiken 20, 20' sind die Lasereinrichtungen 14, 14' in der Vorrichtung 18 fest angeordnet und die Aufnahme 19

relativ zu den Lasereinrichtungen 14, 14' zur Erzielung einer vorbestimmten Vorschubbewegung gemäß Pfeil A motorisch verstellbar ausgebildet.

Die Fig. 4 zeigt weiter, daß die Laserstrahlen 17, 17' durch Mündungen von Düsen 21, 21' austreten, die der Zufuhr von Luft oder Sauerstoff zum Ausblasen des erschmolzenen Werkstoffes aus der jeweiligen Vertiefung 11 dienen.

Anstelle zweier Lasereinrichtungen 14, 14' kann auch eine einzige Lasereinrichtung mit einem Strahlteiler vorgesehen sein. Weiter können die Vertiefungen 11 von beliebigem Querschnitt sein, wofür Laserstrahlen mit entsprechendem Strahlquerschnitt (z. B. Rechteckquerschnitt) zum Einsatz kommen.

Als weitere Vorteile ergeben sich damit eine höhere Fertigungsgeschwindigkeit bei noch genauerer Lage der Anrißstellen 8 sowie eine vereinfachte Aufnahme 19 durch den Fortfall eines Werkstückumschlages. Auch ein Laserschwenken erübrigt sich mit der vorgeschlagenen Vorrichtung 18. Wie Versuche zudem zeigten, ergeben in den diametralen Anrißstellen 8 zueinander V-förmig angeordnete Vertiefungen 11 in überraschender Weise eine weitere Reduzierung der Bruchtrennkraft und damit eine geringere Bauteilverformung.

Mit den erfindungsgemäß gestalteten Anrißstellen 8 mit zumindest bereichsweise glashart versprödeten Stegen 10 ergibt sich bei deren üblicher, nicht V-förmiger Anordnung bereits in vorteilhafter Weise gegenüber den herkömmlichen Bruchtrennkerben eine erhebliche Reduzierung der Bruchtrennkraft um mindestens 50%. Dies läßt sich für die Fertigung eines Stahl-Pleuels 1 mit V-förmiger Steg-Anordnung (Fig. 4) dahingehend nutzen, daß dieses bis auf die letzte Feinstbearbeitung der Lagerbohrung 7 gefertigt ist, einschließlich mindestens einer Haltenut für Lagerschalen. Zusätzlich kann der Lagerdeckel 5 zwischen den Schraubenpfeifen 4 derart biegeelastisch gestaltet sein, daß mit einem um 0,05 bis 0,15 mm im Durchmesser gegenüber der vorbearbeiteten Lagerbohrung 7 kleiner gewählten, nicht gezeigten Brechdorn eine der Erzeugung von Starterrissen 13 in den Stegen 10 und den Vertiefungen 11 dienende elastische Verformung bewirkt wird. Eine eventuell aus diesem Bruchtrennen bleibende Oval-Verformung liegt innerhalb des für die Feinstbearbeitung vorgesehenen Aufmaßes.

Mit der Erfindung ist ein gewichtsreduziertes und vorteilhaft zu fertigendes Stahl-Pleuel 1 für Hubkolbenmaschinen erzielt.

Weiter findet die Erfindung auch vorteilhaft Anwendung bei in einer Lagerbohrung zentral-radial eingeleiteter Bruchtrennkraft, wie dies per se Gegenstand der P 44 42 062 ist.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Ausbildung einer Anrißstelle zum Bruchtrennen eines Bauteiles, insbesondere Pleuel für Brennkraftmaschinen,

— bei dem zur gezielten Bruchauslösung eine Anrißstelle (8) durch zumindest abschnittsweise entlang einer Seite der Bruchtrennebene (6) von der Bauteiloberfläche (9) aus angeordnete und durch Stege (10) voneinander getrennte Vertiefungen (11) erzeugt ist, dadurch gekennzeichnet,

— daß in einem Bauteil (Pleuel 1) aus duktilem Metall die Stege (10) zumindest in ihren freien, bauteiloberflächennahen Endabschnitten (Zo-

- nen (15)) mittels Gefügeumwandlungen über ihren Querschnitt durchgängig versprödet werden zur Erzeugung erster Starterrisse (13) zur Bruchauslösung.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Vertiefungen (11) im jeweiligen Grund zwischen den Stegen (10) zumindest im Bereich der Bruchtrennebene (6) zusätzlich versprödet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung eines Eisenwerkstoffes mit einem Kohlenstoffgehalt  $C \approx 0,5$  bis 0,85% die Versprödung von Stegen (10) und/oder Vertiefungen (11) mittels temperaturabhängiger Gefügeumwandlungen (Härtung durch Eigenabschreckung; mittels Elektronenstrahl) erzielt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Versprödung von Stegen (10) und/oder Vertiefungen (11) mittels Einlagerungen in das jeweilige Gefüge aus einem Gasstrom (Wasserstoff- oder Stickstoff-Versprödung) erzielt wird.
5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3,  
 — bei dem die Vertiefungen (11) mittels Aufschmelzen/Verdampfen des Bauteil-Werkstoffes durch Strahlungsenergie erzeugt werden, und  
 — die Begrenzungen der Vertiefungen (11) durch das Aufschmelzen erzeugte Gefügeumwandlungen (12) aufweisen, dadurch gekennzeichnet,  
 — daß die Strahlungsenergie mittels eines Lasers (14, 14') derart eingebracht und das erschmolzene Material mittels eines Luft- oder Sauerstoffstrahles ausgeblasen und/oder verbrannt wird, daß  
 — zumindest in den freien, bauteiloberflächen-nahen Endabschnitten der Stege (10) unter einem spitzen Winkel sich überlappende (versprödete) Zonen (15) von Gefügeumwandlungen (12) zur Auslösung erster Starterrisse (13) erzeugt werden, wobei  
 — der Luft- oder Sauerstoffstrahl ferner einer gegenüber der Bauteiloberfläche (9) vertieften Ausbildung der Stege (10) dient.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Vertiefungen (11) trichterförmig ausgebildet werden mittels einer Lasereinrichtung (14, 14') mit einer über den Querschnitt des gepulsten Laserstrahles (17, 17') nach Gauß'scher Verteilungskurve verteilter Strahlenergie.
7. Verfahren nach Anspruch 5 und 6, dadurch gekennzeichnet,  
 — daß die Vertiefungen (11) in Richtung ihrer Reihungs-Anordnung von jeweils beliebigem Querschnitt eine Breite bis ca. 0,4 mm und eine Tiefe zwischen ca. 0,4 bis 0,9 mm aufweisen, und  
 — daß die aus der Verschneidung benachbarter, trichterförmiger Vertiefungen (11) erzeugten, versprödeten Steg-Spitzen (16) gegenüber der Bauteiloberfläche (9) in ihren jeweiligen vertieften Abstand belassen werden.
8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet,  
 — daß Lasereinrichtungen (14, 14') mit sich kreuzenden Laserstrahlen (17, 17') zur gleich-

zeitigen Ausbildung diametral in einer Ausnehmung (Lagerbohrung 7) eines Bauteils (Pleuel 1) angeordneter Anrißstellen (8) verwendet sind, wobei

— ggf. das in einer Aufnahme (19) positionierte Bauteil (Pleuel 1) relativ zu den Lasereinrichtungen (14, 14') vorschubbeweglich angeordnet ist.

9. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8,

— mit in einer Lagerbohrung (7) diametral angeordneten Anrißstellen (8), dadurch gekennzeichnet,

— daß die Anrißstellen (8) vor der abschließenden Feinstbearbeitung der jeweiligen Lagerbohrung (7) in einem als Pleuel (1) oder Maschinenlager gestalteten Bauteil angeordnet sind, und

— daß der jeweilige Lagerdeckel (5) zwischen Schraubenpfeifen (4) derart biegeelastisch gestaltet ist, daß

— mit einem um 0,05 bis 0,15 mm im Durchmesser gegenüber der vorbearbeiteten Lagerbohrung (7) kleiner gewählten Brechdom eine der Erzeugung von Starterrissen in den Stegen (10) und/oder Vertiefungen (11) dienende elastische Verformung bewirkt ist.

10. Bauteil nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die durch Stege (10) getrennten Vertiefungen (11) außer mittels thermischer Verfahren auch mittels mechanischer Bearbeitung und/oder mittels Gießen erzeugt sind.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

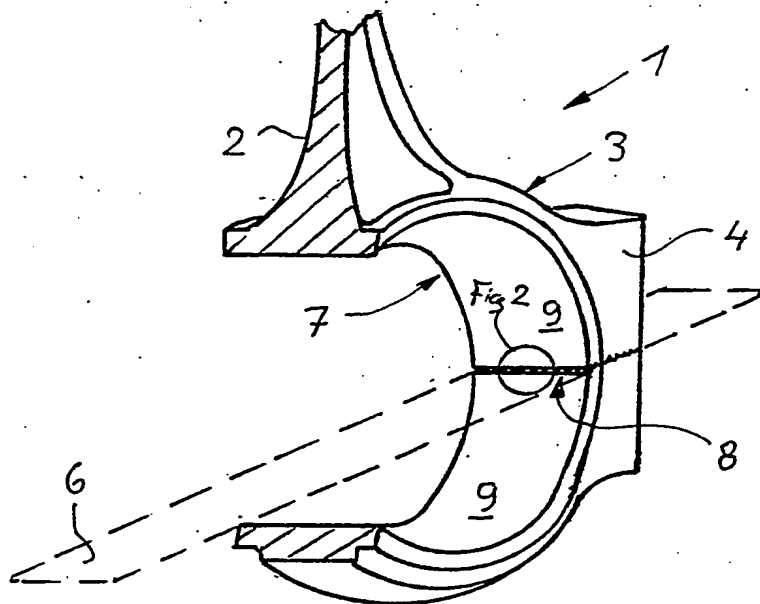


Fig. 1

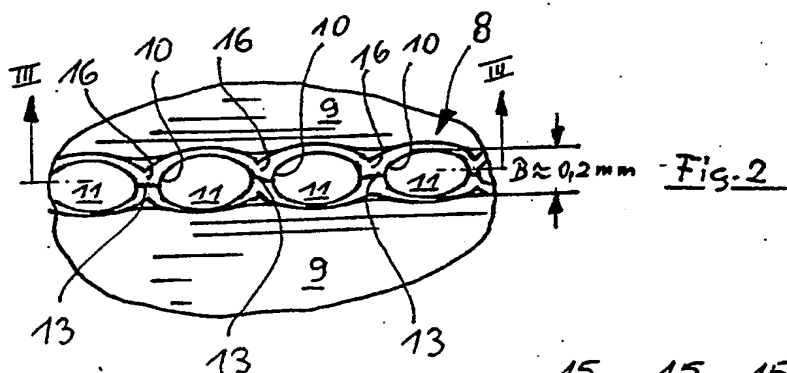


Fig. 2

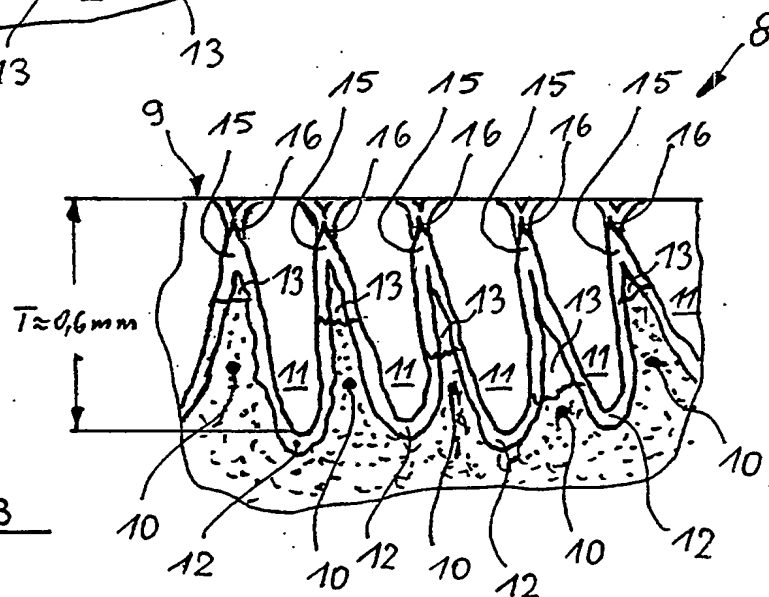


Fig. 3

Fig. 4

